

新潟西海岸での飛砂対策の有効性検討

Effectiveness of Countermeasure against Wind-Blown Sand in Niigata West Coast

田中純壱¹・蜂須賀和吉¹・土田吉昭¹・伊藤晃²・伊東啓勝³

Junichi TANAKA, Kazuyoshi HACHISUKA, Yoshiaki TUCHIDA
Akira ITO and Yoshimasa ITO

Effective countermeasure is required for the issue of wind-blown sand generated from nourished beach to hinterland in Niigata West Coast. Double-row sand fences on a parallel with coast and wing fences having with the fence height of 2m have installed in 2005. The comparison was made with past observation results after conducting site observations in the winter season (November, 2006 through February, 2007) in this study. As the result, the volume of wind-blown sand reaching to hinterland was decreased to around 1/10,000 to 1/100,000 comparing with the volume without fences and it has been confirmed that the countermeasure by double-row sand fences and wing fences are extremely effective. The cheaper countermeasure by reducing the number of fences is to be studied.

1. はじめに

新潟港海岸(西海岸地区)では潜堤・突堤・養浜を組み合わせた面的防護による海岸保全が進められており、現在では第1区画がほぼ概成して夏場には海水浴場として利用されている。また、2005年には砂浜の背後に海岸道路(市道)が開通した。

西海岸は背後には住宅密集地が隣接しており、新たに創造された海浜から発生する飛砂の影響が懸念されたため、1992年から飛砂に関する基礎的な調査(例えば、塩澤ら, 1993; 船越ら, 1993)を進め、将来的には幅の広い低緑地により背後地域への飛砂対策とすることが計画されている。

2005年からは暫定的な措置として、海岸線に対して平行な2列のフェンスとその海側に翼垣を配置する飛砂対策(写真-1, 図-1参照)を実施している。フェンスと翼垣は高さ2.0m, 空隙率20%のフェンスを採用している。本調査は、これらの対策の効果を把握し、より有効かつ経済的な対策としての配置計画を検討するための基礎資料を得る目的で実施した。

2. 調査方法

フェンス周辺の断面地形測量をフェンス設置直後の2006年11月25日から2007年2月17日までの間に6回実施した。また、この期間中の強風時に5回の浮遊飛砂捕捉調査を実施した。

地形測量は強風作用直後の地形の状況を把握するため

に、捕砂調査実施後数日以内に実施することとした。表-1に調査実施日を示す。これに加えて、調査全期間中の風況を調べるため、海浜上とフェンス上の2地点(地点①②)に風向風速計(KADEC21-KAZE-C)を設置して観測を実施した。

地形測量は第1突堤から第2突堤と第3突堤の中間付近までの沿岸方向距離790mに対し、10m間隔にNo.2~No.77までの80測線を設定し、横断測量を実施した。

浮遊飛砂捕捉調査は、図-1の地点③~⑥に対し表-2に示す各設置高さに捕砂器と風速計(LM-8000)を設置した。

地点③④⑥には、開口幅0.5m, 高さ0.2mの木製フレームに80 μ mのプランクトンネットを取付けた吹流し式捕砂器を使用した。

地点⑤にはステンレス製の箱埋込型捕砂器(W0.5m×D0.5m×H0.5m)を設置した。箱埋込型捕砂器

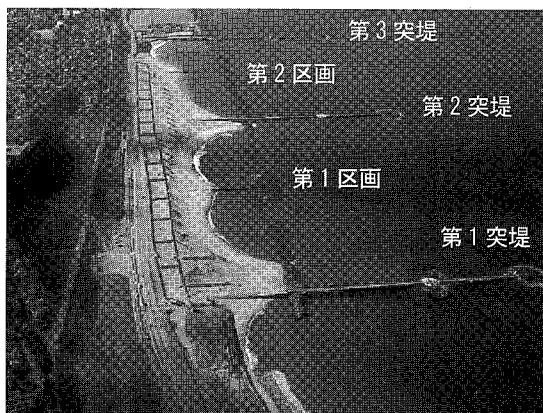


写真-1 翼垣と2列フェンスの組合せによる飛砂対策工

1 北陸地方整備局 新潟港湾・空港整備事務所
2 正会員 北陸地方整備局 新潟港湾・空港整備事務所
長
3 正会員 修(工) ㈱エコー

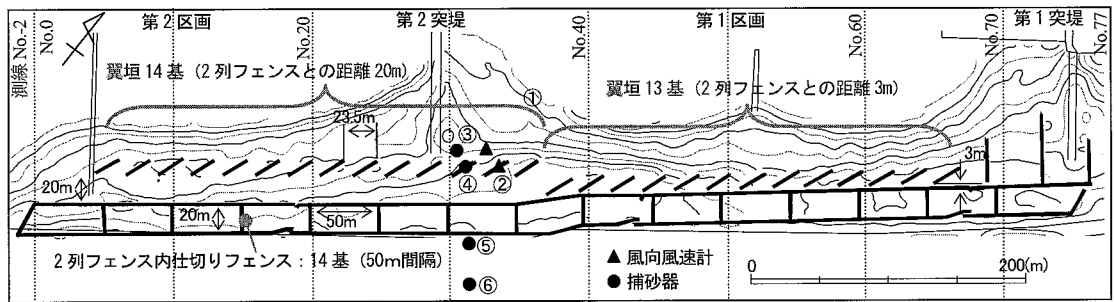


図-1 平成 18 年度の飛砂対策工配置図と観測位置

表-1 調査実施日

年	月	浮遊飛砂捕捉調査日	断面地形測量日
2006	11	—	25(調査開始時)
	12	18(第1回捕砂)	20(第1回測量)
2007	1	—	11(第2回測量)
		19(第2回捕砂)	—
		23(第3回捕砂)	26(第3回測量)
	2	2(第4回捕砂)	8(第4回測量)
		15(第5回捕砂)	17(第5回測量)

表-2 捕砂器・風速計の各設置高さ

地点	設置高さ
③	地盤上 0m, 0.5m, 1m
④	翼垣上 0m, 0.5m, 1m, 2m, 3m, 4m
⑤	箱型捕砂器; 地盤上 0m, 0.15m 風速計; 地盤上 2m
⑥	地盤上 0m, 1m, 2m

を2台並べ、捕砂器の表面を地盤上 0 cm と 15 cm に変えて、両者の捕砂量を比較した。

捕砂時間は観測日の午前 9 時～午後 4 時までの 7 時間を基本とし、風速計により 30 分毎に 10 分間平均風速を記録した。捕砂された試料は、重量を計測し、100 g 以上の試料は粒度・密度試験を実施した。

3. 調査結果

(1) 観測期間中の気象条件

調査期間中にアメダス（新潟）で観測された気象条件（風、降水量、積雪深）の経時変化を図-2 に示す。

年末年始（12月27日～12月30日、1月6日～1月8日）と2月15日に強い冬型気圧配置となり 10 m/s 以上の強風が数時間観測された。

今回の調査では、2月15日の強風時に浮遊捕砂観測を実施することができた。

調査期間中の積雪はほとんど無く、積雪が観測されたのは12月3日～5日と2月2日のみであり、例年と比べ積雪が極端に少なかったことから、調査期間中は飛砂が発生しやすい条件であった。

(2) 断面・平面地形の変化

第2突堤に近く海浜幅の広い No. 31 と、第1突堤と

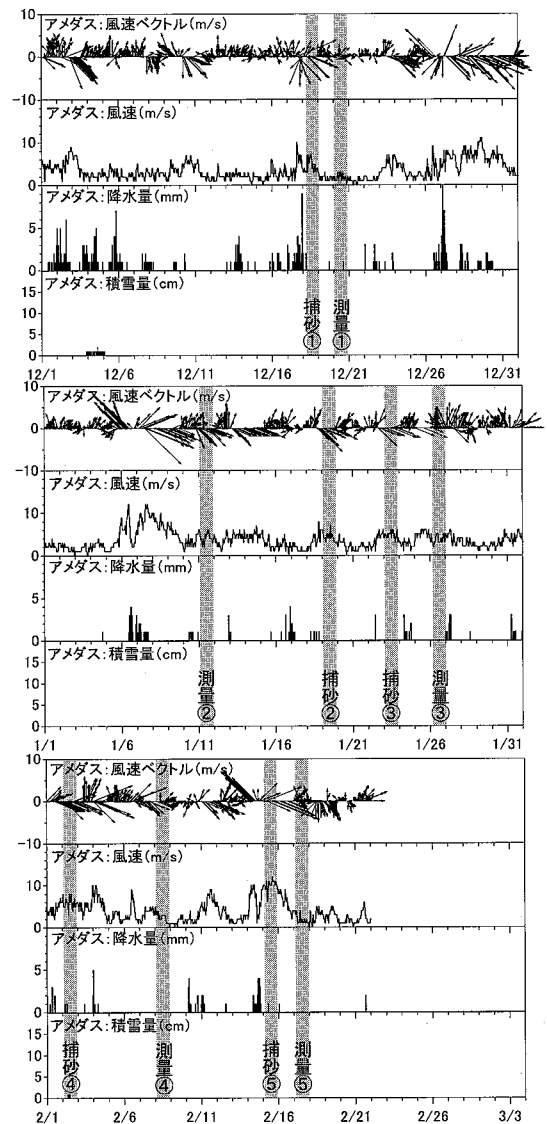


図-2 観測期間中の気象条件

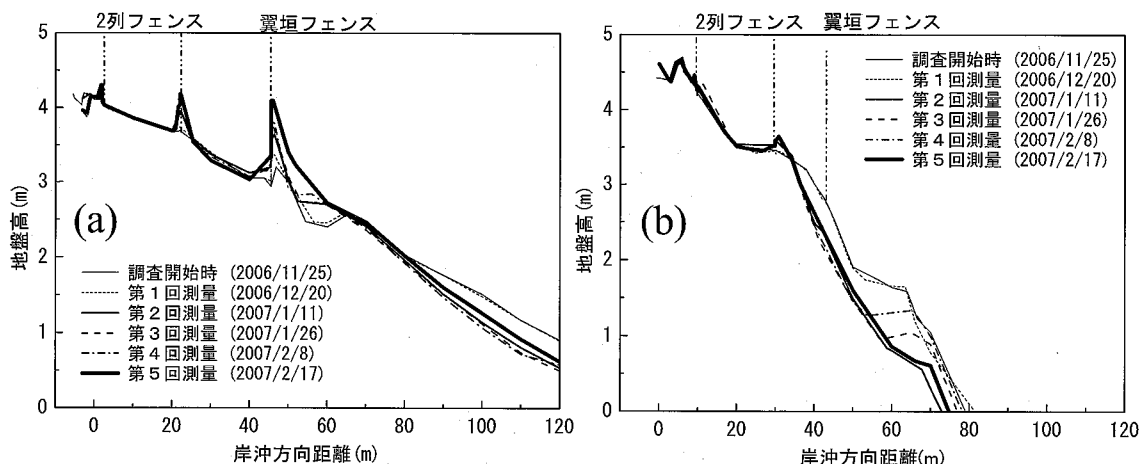


図-3 断面地形の変化 (a: 測線 No.31, b: 測線 No.50)

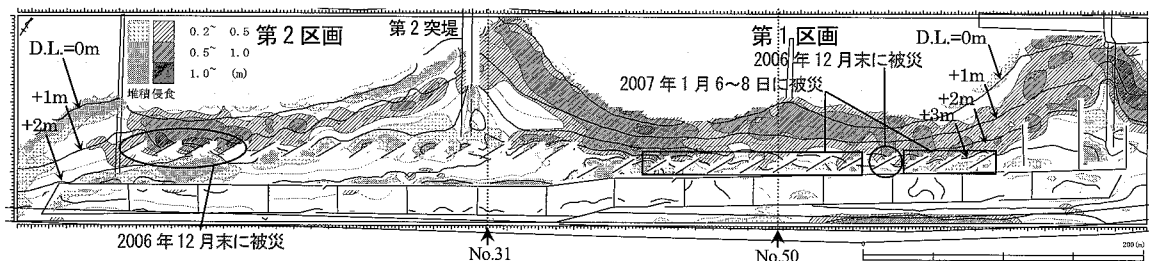


図-4 調査開始時と第5回測量の平面地形の差分図

第2突堤の中間部に位置し海浜幅の狭い No. 50 の断面地形の変化を図-3(a), (b)に示す。

No. 31 では翼垣と2列フェンスの海側前面に砂が序々に堆積する過程が確認された。No. 50 では12月と1月に来襲した高波浪 ($H_{1/3}=7.4\text{ m}$, 8.3 m) が翼垣設置位置まで遡上し、翼垣の基部が洗掘されたために補修作業を行った。

図-4 に調査開始時と第5回地形測量の平面地形の差分図を示す。浜幅の広い第2突堤付近 (図-4の測線 No. 31の西側) では、翼垣と2列フェンス海側の前面近傍に顕著な堆積地形が見られる。

一方、第1区画 (No. 31より東側) では汀線から D.L.+2.0 ~ 3.0 m 付近まで、第2区画 (No. 31より西側) では汀線から D.L.+1.5 ~ 2.0 m 付近までが侵食され、高波浪時の遡上波の作用を受け易いことが確認できた。

2列フェンスより海側の領域では飛砂と遡上波による地形変化が顕著に発生しているのに対し、2列フェンスの周辺では、一部除砂作業等の影響があることを除けば、2列フェンス内と背後での地形変化はごく僅かであった。

(3) 浮遊飛砂の捕捉量

高さ方向に配置した捕砂器のデータを用いて、浮遊飛

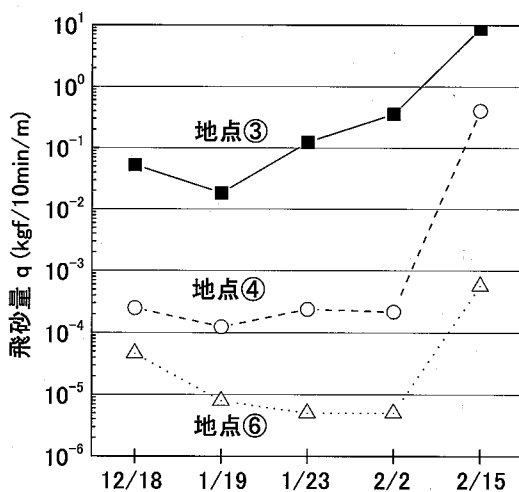


図-5 各地点別の全捕砂量の観測結果

砂の全飛砂量を推定した結果を図-5に示す。

全飛砂量は、各捕砂器の中心高さを代表高さとして地点毎に地面から最上段の捕砂器の代表高さまでの捕砂量を各代表高さの捕砂量のデータから近似的に求めた。

翼垣前面の地点③と比べ翼垣上に配置した地点④を通過する飛砂量は、概ね2オーダー小さい値であった。西

海岸の背後に位置する砂丘上の測点である地点⑥ではさらに2オーダー程度少なくなっていることが確認された。

また、2月15日のフェンス上4m(地点④)の平均風速の期間最大は16.1 m/sであり、他の4回の観測日と比べ圧倒的に多い飛砂量を記録した。

(4) 摩擦速度と飛砂量の関係

飛砂の外力として、摩擦速度 u_* を用いて整理することとした。摩擦速度はある高さを用いて次式で算出できる。

$$u_z = 5.75 u_* \log_{10} \frac{z}{z'} + u' \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 u_z はある高さ z における風速であり、(1)式の z' はfocal pointと呼ばれる基準高さであり、 u' はその位置における風速である。Horikawaら(1986)はfocal pointの存在を認め、Zingg(1952)の実験式は従来測定されているfocal pointの値の平均的な値を与える式(2)を考えてよいとしている。

$$z' = 10d \text{ (mm)}$$

$$u' = 20d \text{ (mile/hr)} = 8.94d \text{ (m/s)} \dots\dots\dots (2)$$

(d : 砂の粒径 (mm))

地点①の風速測定結果(u_{200} : 地盤上2.0m 地点の10分間平均風速)を用いて摩擦速度 u_* を次式により求めた。

$$u_* = 0.0616 u_{200} - 16.5 \text{ (cm/s)} \dots\dots\dots (3)$$

なお、focal pointの算出には新潟西海岸での代表的な粒径 $d_{50} = 0.30 \text{ mm}$ を用いた。

地点①に設置した風データから(3)式で摩擦速度を求め、地点③での飛砂量との比較を行った結果を図-6に示す。図中には以下(4)式の河村式($K=1, 2.78$)による飛砂量を曲線で示しており、翼垣前面での飛砂量は過去に実施した調査結果である $K=1$ と同程度の値であることが確認された。

$$q = K \frac{\rho_a}{g} (u_* + u_{*c})^2 (u_* + u_{*c}) \dots\dots\dots (4)$$

(ρ_a : 空気密度 $=1.226 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$, g : 重力加速度 $=980 \text{ cm/s}^2$, u_{*c} : 移動限界摩擦速度 (cm/s), K : 定数, q : 飛砂量 (gf/m/s))

また、(4)式の移動限界摩擦速度 u_{*c} は以下の(5)式より算定した。

$$u_{*c} = A \sqrt{\frac{\rho_s - \rho_a}{\rho_a} g d} \dots\dots\dots (5)$$

(A : 経験的に決める係数(水理公式集(1999)に従い $A=0.1$ とした), d : 砂の粒径 (cm), ρ_s : 砂粒子の密度 $=2.65 \text{ g/cm}^3$)

なお、今回の捕砂調査は吹流し式捕砂器による調査結果であり、捕砂効率を考慮すると、実際の飛砂量はこの値よりも大きい可能性があることに注意を要する。

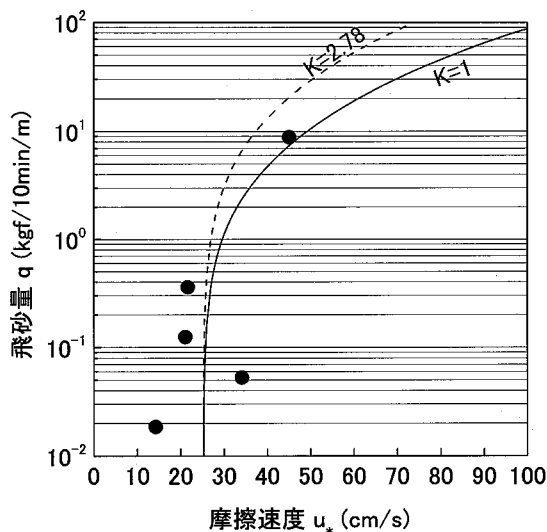


図-6 摩擦速度と地点③の飛砂量

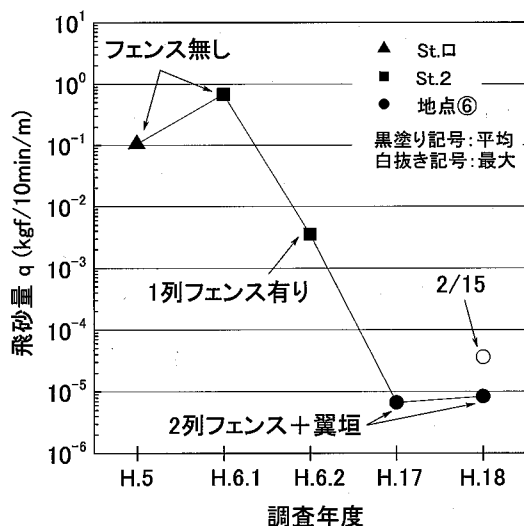


図-7 砂丘上の飛砂量の比較

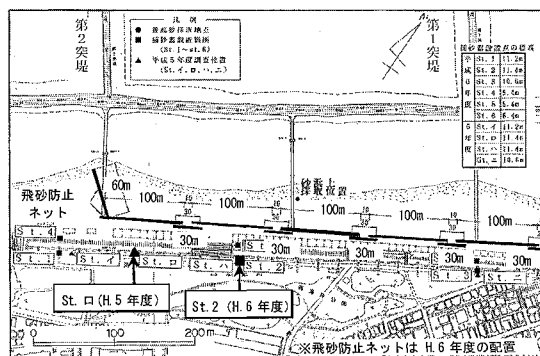


図-8 平成5, 6年度の調査位置と飛砂対策工の配置

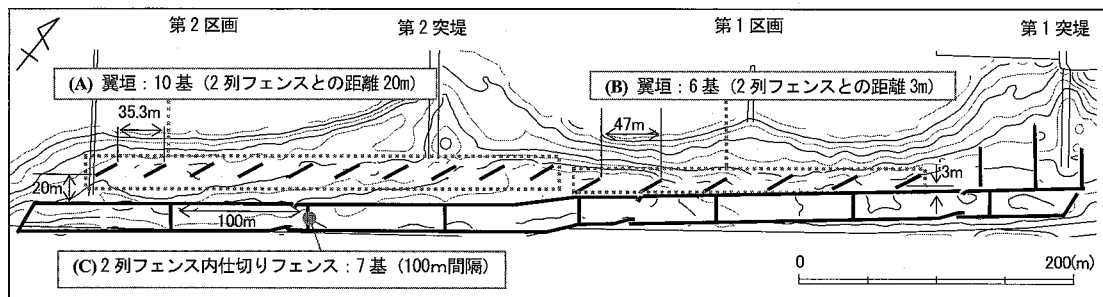


図-9 次年度の飛砂対策工の改良配置案

(5) 飛砂対策工の効果

現在実施している飛砂対策の目的は、隣接住宅地への飛砂防止であることから、砂丘上にも捕砂器を設置して飛砂量のモニタリングを行った。図-7は無対策、1列フェンス、2列フェンスと翼垣の組合せを行った場合の飛砂量を比較したものである。

図-8に平成5、6年度に実施した飛砂調査の実施位置と飛砂対策工の配置を示す。平成5年度は無対策の場合の捕砂をSt.ロで実施し、平成6年度は1列フェンスの対策工を2月中旬に設置し、対策工設置前後の数日間の捕砂をSt.2で実施した。各年度の調査実施時期は異なるものの、概ね平均風速10m/s程度を観測し、積雪がない場合を選んで観測していることから、同様の外力条件であったものと推定される。捕砂量は数日間の平均的な値として整理しており対策の有無による差を比較可能なデータであると判断した。

無対策の場合と比べると、捕捉飛砂量は1列フェンスでは2オーダー、2列フェンスと翼垣の場合には4～5オーダー少なくなっており、今回の対策が非常に有効であることが確認された。

(6) 今後の飛砂対策工の配置案の検討

2列フェンスと翼垣の組合せが効果的であることが確認され、来年度以降は平成18年度の対策を基本案としてフェンスの密度を低くする方向で、より経済的な対策を目指すこととした。そこで図-9に示すように3種類の密度低減策を試み、その効果を検証しながら最適対策を模索することとした。まず、(A)区域は比較的飛砂量が多い場所であるので、翼垣の間隔を23.5mから35.3mに広げるに止めた。(B)区域は相対的に飛砂量が少ないことから翼垣間隔を47.0mに広げる。(C)区域の2列フェンス内の仕切りは50mから100m間隔に間引くこととした。

4. 結 論

本調査で得られた結論を以下に挙げる。

- ① 背後地に到達する飛砂量は、1列フェンスのみであ

った過去の調査結果と比べ平成17年度と18年度の調査結果では大幅に減少しており、2列フェンスと翼垣の対策工は非常に効果的であることが確認できた。

- ② 浜幅の狭い場所にも、2列フェンスと翼垣の組合せを用いたが、高波浪の影響によりフェンス設置面の地盤が洗掘される場所もあった。浜幅の狭い場所の飛砂量は少ないことが予想されることから、翼垣の密度を低くするなどの工夫が可能である。
- ③ 今回の調査は、積雪がほとんど無い条件下で浮遊飛砂捕捉調査が実施できた。2月15日は非常に風が強い条件でのデータを取得することができ、河村式による摩擦速度と飛砂量の関係が現地にも、十分適用可能であることが確認された。
- ④ フェンスは直接的に砂を捕捉する効果と、砂浜幅を狭くすることにより飛砂の発生を抑制する効果が期待できることから、次年度以降の対策では砂浜幅の狭い場所では翼垣の数を減らすなど、より経済的な配置について検討することとしている。加えて、2列フェンスの間の仕切り間隔についても間引いた場合の影響を次年度以降に検討することを予定している。

参 考 文 献

- 塩澤俊彦・中谷内信一・赤澤 守・玉城重則・黒木敬司 (1993): 新潟西海岸における飛砂の現地観測, 海岸工学論文集, 第40巻, pp. 281-285.
- 土木学会編(1999): 水理公式集, pp. 520-521.
- 船越晴世・大野正人・阿部勝男・鈴木幸一・黒木敬司・玉城重則(1993): 飛砂防止対策について, 海岸工学論文集, 第40巻, pp. 291-295.
- Horikawa, K., S. Hotta and N. C. Kraus (1986): Literature review of sand transport rate by wind on a dry sand surface, Coastal Eng. Vol. 9, No. 6, pp. 503-526.
- Zingg, A. W. (1952): Wind tunnel studies of the movement of sedimentary material, Proc. 5th Hydraulics Conference, IAHR, pp. 111-135.